

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12)特許公報 (B2)

(11)特許番号

第2942359号

(45)発行日 平成11年(1999)8月30日

(24)登録日 平成11年(1999)6月18日

(51) Int.Cl.  
H04N 5/232  
G01N 23/04  
H04N 5/32

識別記号 庁内整理番号  
H04N 5/232  
G01N 23/04  
H04N 5/32

F I  
H04N 5/232  
G01N 23/04  
H04N 5/32

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

2

設計されており、その際  $p$  は、ノイズ低減に必要な撮像時間内で現れる最大のシフトであることを特徴とする。請求の範囲 1 に記載の方法。

【請求項 5】画像メモリ内の窓から、各ビデオサイクルの間に、記憶された画像情報が読み出され、この窓が書き込み窓に対して少なくとも  $p$  列、最大で  $q$  列だけずらされており、その際  $(q+n) \geq (p+n)$  が画像メモリの実際の列の数であることを特徴とする、請求の範囲 4 に記載の方法。

#### 【発明の詳細な説明】

本発明は、画像を形成する面センサに対して相対的に連続して移動する対象物の移動ぶれ若しくは画像ノイズを低減するための方法に関する。

画像を形成する面センサの使用に際して、特に計測・検査技術では、達成可能な位置的解像能が決定的な役割を演ずる。達成可能な位置的解像能を実際的に限定する最も重要な因子は、一般に：

マトリックスセンサの前に設けられる（設けられている場合）変換系（例えば、X線量子を可視光に変換するX線像増幅器）に起因したぼけ、

前置されている（設けられている場合）撮像光学系に起因したぼけ、

センサ自体の解像能に起因した（例えば、画素数が限定されていることに基づく）ぼけ、

…である。

多くの場合に移動ぶれを低減することのできる方法の1つを以下に説明する。以下で使用する略語若しくは記号は下記の意味を有する。

$t_{\text{f}}$  ビデオサイクルで1完全フレームを出力するための時間。CCIR規格では40ms。

$t_{\text{c}}$  1ビデオサイクルの間のカメラセンサの露出時間 ( $t_{\text{c}} \leq t_{\text{f}}$ )。

$t_{\text{r}}$  所要の信号ノイズ比を達成するための最低露出時間。

$v_{\text{c}}$  カメラの視野内の対象物の速度。

$U_{\text{c}}$  撮像時間中の移動によって対象物のビデオ画像中に引き起こされるぼけ。

$t_{\text{m}}$  許容移動ぶれをいまだ超えない最高露出時間。

$[x]$   $x$  よりも小さいか又は等しい最大の整数 ( $x$  は実数とする)。

画像を形成する面センサ（例えばビデオカメラ、以下では簡単にカメラと称する）は、通常、固定サイクルの系において作動する。その際、1サイクルの間に同時にセンサが露出され且つ一一層速いサブサイクルで一画像情報が読み取られる。最大フレーム周波数は、1画像を読み取るのに必要な時間  $t_{\text{f}}$  によって与えられる。CCIR規格に定められた標準ビデオカメラでは、この時間  $t_{\text{f}}$  はセンサの露出時間  $t_{\text{c}}$  に等しく、そして1フレームに

短く選ぶこともできる。

利用可能な光量（照度）と、センサの感度と、所要の信号ノイズ比とから、センサの所要の有効露出時間  $t_{\text{r}}$  の最低値が得られる。

対象物の移動ぶれ  $U_{\text{c}}$  は、撮像される対象物の速度  $v_{\text{c}}$  とカメラの露出時間  $t_{\text{c}}$  とから得られる：

$$(1) \quad U_{\text{c}} = v_{\text{c}} \cdot t_{\text{c}}$$

一般に、許容移動ぶれに対して最高値  $U_{\text{m}}$  があり、若しくは  $v_{\text{m}}$  が予め与えられている場合は露出時間

10  $t_{\text{c}}$  に対して対応する最高値がある。

$t_{\text{r}}$ 、 $t_{\text{c}}$ 、 $t_{\text{f}}$ 、 $t_{\text{m}}$  に関する、下記の重要な場合を区別することができる：

$$1. \quad t_{\text{r}} \leq t_{\text{c}} = t_{\text{f}} \leq t_{\text{m}}$$

これは、照度が十分で、移動ぶれに対する要求条件が厳しくないか、若しくは緩慢対象物の場合の短時間シャッタを用いない標準ビデオカメラの場合である。

$$2. \quad t_{\text{r}} \leq t_{\text{c}} \leq t_{\text{f}} \leq t_{\text{m}}$$

これは、 $t_{\text{c}}$  に対する  $t_{\text{r}}$  の短縮により、移動ぶれが十分に小さく留まことが確保される短時間シャッタカメラの場合である。十分にノイズのない撮影のために不可欠な条件  $t_{\text{r}} \leq t_{\text{c}}$  を維持するには一般にきわめて高い照度が必要であるが、この照度はしばしば達成することができない。

$$3. \quad t_{\text{r}} = t_{\text{c}} < t_{\text{f}} \leq t_{\text{m}}$$

十分にノイズのない画像のために不可欠なセンサ露出は、1読み取りサイクルの間に達成することができない。このような状況は、例えば、イメージコンバータを有するX線透視装置において頻繁にもたらされ、それらにおいてはX線源の限定された強度、及び、特に強吸収性の構成部材を透視するときのX線の統計的性質のために、十分にノイズのない画像を達成するのに数秒の露出時間が必要である。こうした場合、十分な信号ノイズ比を達成するための標準的方法はいわゆる像積分法である。或るデジタル画像処理システムの中で複数の読み取りサイクルの画像情報が加算され、若しくは平均化される。所要撮像サイクルの数は少なくとも  $[t_{\text{r}}/t_{\text{c}}]$  である。しかし移動ぶれの条件  $t_{\text{r}} \leq t_{\text{c}}$  は、一般に、対象物が移動しないか又はきわめて緩慢に移動する場合にのみ満たすことができる。それ故に、例えば、従来技術によれば肉厚部材のX線透視検査は被検対象物の静止時にのみ高解質で可能である。

$$4. \quad t_{\text{r}} < t_{\text{c}}$$

こうした場合従来技術によれば、十分な信号ノイズ比を達成するのに必要な露出時間は過度に大きなぼけをもたらし、或いはまた露出時間を  $t_{\text{c}}$  に短縮することは過度に強いノイズのある撮像をもたらすので、十分な品質での撮像は不可能である。

連続的に線形に移動する対象物の画像の移動ぶれ若しくはノイズを低減するための方法が公知である。個別の像を積分するために、画像メモリを有する画像処理システムが設けられている。

更に、欧州公開特許公報第471444号により、ビデオカメラを備えて「遅延積分」(TDI) の方法で作動するシステムが公知である。

最後に、線形に移動する対象物の画像のノイズを低減するための可能性を同様に示す欧州公開特許公報第534438号も引用しよう。

ここでは個別の像の積分も行われる。

本発明の課題は、対象物の速度の、センサの露出時間に対する比が不都合な場合でも十分な品質でのX線撮像を可能とする方法を提供することである。

この課題は請求の範囲1に記載された方法で解決される。

変形態様の諸工程は、従属請求項の構成要素である。

この場合、基本的思想は特殊な画像処理システムによって個別の像を位置忠実に積分することであり、その諸性質について以下に記述する。

説明を簡単にするために、以下では、対象とする1つの対象物のみがセンサの視野内にあると前提する。しかしこの方法はまた、例えば、複数の対象物が同様に（即ち、同一速度で同一方向に同一間隔で）センサの脇を移動する場合にも適用可能である。更に、一般化を制限することなく、簡単化して、対象物がセンサシステムの光学軸に対して垂直な1平面内で、センサの視野を通過するとき対象物の表面上の或る1点Pが常に画像メモリの同一行に留まる（或る1行に沿う移動）ような方向に、移動するものと仮定する。更に、カメラの視野が寸法 $m \times n$ （行×列）の画像メモリの領域の上に線形に撮像されると仮定し、従って以下の検討は専ら画像メモリの画素座標内で行われる。

#### 4.1 $i_1, \dots, i_n, \leq i_{n+1}, < i_{n+2}$

この場合、1読み取りサイクル内に生じるぼけはなお許容されるであろうが、しかし1読み取りサイクルは十分にノイズのない画像を形成するのに十分でない。他方で、上記3.に述べた像積分方法（従来技術）は受容できない移動ぶれをもたらすであろう。

しかし各撮像時点における対象物の速度 $v_{i_1, \dots, i_n}$ が既知であると、多くの場合特殊な画像処理システムで十分な像質を達成することができる。画像メモリ内のカメラ画像の寸法（画素で）が $m \times n$ であると、画像メモリの寸法は一般に少なくとも $m \times n$ でなければならない。対象物は1ビデオサイクル $i_1, \dots, i_n$ の間に最大で $j$ 画素だけ移動するであろう（ $0 < j < n$ ；上記3.において $j = 0$ の場合を取り扱っており、そして従来技術によって既に解決可能である）。

の間に、画像メモリ2のs列で始まるm行及び2n列の領域に、書込まれる。対象物3はその際、画像メモリ2の領域4の上に撮像される。対象物3が次のビデオサイクル $t + 1$ までに位置5からk画素だけ左に位置5'へと移動すると、カメラセンサの画像はこのビデオサイクル $t + 1$ 内に画像メモリの $s + k$ 列より開始される領域内に撮像され、その際 $s + k$ ないし $s + n - 1$ 列の領域内でサイクル $t$ とサイクル $t + 1$ の画像情報が加算される。

10 この画像処理システムの画像メモリは、各ビデオサイクル内で存在する像の上に或る任意の列アドレスのところで開始して1つの画像を加算することができるよう、そしてそのビデオサイクル内で加算の前に少なくともk列を消去することができるよう、設計されていなければならない。

いずれの場合にも画像メモリはリングメモリとして使用される。即ち、1画像の記憶若しくは加算中に最終列（ $n - 1$ 列）に達したならば、その画像の残りは、0列より開始して、更に読み取られる。画像情報をモニタの上に表示するために、又は更に処理するために読み取る画像メモリの窓（ $n \times m$ の大きさ）（読み取り窓）はその画像メモリ内で同様に自由に選択可能であり、そして一般に、その同じサイクルの間に書込まれる窓（書き込み窓）とは同一ではない。

画像メモリの寸法が $2n \times m$ のとき書き込み窓と読み取り窓は、好ましくは、常に相補的である。この簡単な場合に基づいて、以下に作動態様を詳細に記述する（図2も参照）。これは関係なく、他の種々の構成も考えられる。

原状態のとき、さしあたりすべての画素が消去されており、書き込み窓が0列で開始され、読み取り窓がn列で開始されるとする。図2には理解し易いように $m = 1, n = 8$ の場合が図示されており、即ち、画像メモリの1行のみを考える。順に引き続ぐ各ビデオサイクルがそれぞれ重ね合わせて示されている。第1サイクルのときカメラの画像は0ないし $n - 1$ 列（図2では画素0ないし7）に書込まれる。読み取り窓（nないし $2n - 1$ 列、若しくは図2において画素8ないし15）は暗いままで留まっている。対象物が第1サイクルと第2サイクルとの間に負の列方向にk画素（ $k \leq j$ ）だけ移動すると、書き込み窓と読み取り窓とは画像メモリ内でk列だけシフトされる。即ち、書き込み窓はkから $n + k - 1$ まで、読み取り窓は $n + k$ から $k - 1$ まで延長される。 $k = 0$ について

は、nないし $n + k - 1$ の列はカメラの $n - k$ ないし $n - 1$ の列の内容で重ね書きされる。 $k$ ないし $n - 1$ の列にカメラの0ないし $n - k - 1$ の列が加算される。つまり読み取り窓内にまだ加算されることなく先行のビデオサイクルのk列（0ないし $k - 1$ ）を見ることができる。次のシフトは負の列方向における1画素（ $1 \leq j$ ）である。

イクルの、位置忠実に加算された信号を見ることができる。他のサイクルでも同様に行われ、読み取り窓内で、書込み窓に対して  $n$  画素遅れて、次第にノイズのない画像が生成する。合計シフトが  $n$  となるや、読み取り窓内に、カメラの視野より出たばかりの画像を完全に見ることができる。 $2n$  画素の合計シフトの後に定常状態が達成され、その際 1 サイクルの間に現れる最大シフトを  $j$  とすると、読み取り窓のすべての画素が少なくとも  $[n/j]$  回露出されており、即ち総露出時間は少なくとも  $[n/j] \cdot t_{\text{ex}}$  である。

上に記述した系では、移動が均一に行われることは前提されておらず、それに対応して読み取り窓の中ですべての列が同じ頻度で露光されている必要はない。読み取り窓をそのまま、又は単に或る 1 つの定数で変換してモニタ上に表示し、又は更に処理するならば、移動が不均等な場合、不均等に露出された画像となるであろう。これを防止するために、画像メモリの各列に或るカウント変数を従属させることができ、その際この列の露出回数を、それぞれの列内容の消去から開始して、加算の最初に一緒に加算する。次に読み取り窓の読み取りに際して或る 1 列の各画素を固定の換算係数とその従属するカウント変数の値との積で割算すると、均一に露出された画像が得られる。

上に記述した系においてカメラの画像データを  $b$  ビットでデジタル化すると、サイクル当たり少なくとも  $v$  画素のシフトのとき画像メモリ内での算術的オーバーフローを防止すべき場合、画像メモリの深さ  $t$  は  $t = b + [\log_2(n/v)] + 1$  でなければならない。従って上記の系によれば、対象物が静止し且つ画像メモリの深さが有限の場合、一定の時間後にオーバーフローが不可避的に現れるであろう。これは、加算された最後の画像に対して何等シフトが行われなかったとき（しかしこの場合はノイズ低減も起きない）、カメラ画像の加算を行わないことによるか、又は最高  $2^{b-1}$  の加算に達したときに画像メモリ内の対応する行と従属するカウント変数とを 2 で割算することにより防止することができる。これは、ビットシフト操作として容易に可能である。これに起因する中間調解像能の損失を防止したい場合、メモリ深さを  $t + 1$  に上昇させ、そして 2 による割算を  $2^{b-1}$  の加算後に初めて実行すべきであろう。

他方で、メモリ深さが  $s < (b + [\log_2(n/v)] + 1)$  で設定されているならば、 $2^s$  の加算に達したときに、静止画像の積分について提案した、各行毎に 2 割算する方法をやはり適用することができる。しかし効果的ノイズ低減は深さ  $t = b + [\log_2(n/v)] + 1$  の画像メモリの場合よりも小さい。これと異なって、加算された最後の画像に対するシフトが  $n/(2^{b-1})$  よりも小さいときはカメラ画像の加算を行わずに留めることができる。

殊な場合はノイズ低減も起きない）。

結果として生じるぼけは、各個別の露出  $t_{\text{ex}}$  の間に現れる上記 (1) によるぼけの分と  $\pm 0.5$  画素の追加的部分との和として得られるが、この追加的部分は、各加算過程において実際のシフトを画素スクリーンに適合させなければならないことに起因している。

$$(2) \quad U_{\text{ex}} = v_{\text{ex}} \cdot t_{\text{ex}} + 1 \quad [\text{但し } U_{\text{ex}} \text{ (画素)}, v_{\text{ex}} \text{ (画素/s)}, t_{\text{ex}} \text{ (s)}]$$

$$4.2 \quad t_{\text{ex}} < t_{\text{ex}} < t_{\text{ex}}$$

10 この場合対象物は、既に  $t_{\text{ex}}$  の間に許容できない移動ぶれが現れるほどに迅速に移動する。しかし他方ではノイズ低減には積分が必要である。この場合にも、4.1に述べたように行うときはしばしば十分な像質を達成することができるが、但し撮像に短時間シャッタカメラを使用し、条件  $t_{\text{ex}} < t_{\text{ex}}$  の維持が保証されているようにカメラの露出時間を調整する。こうして少なくとも  $[n/j] \cdot (t_{\text{ex}}/t_{\text{ex}})$  の合計露出時間が達成される。結果として生じるぼけは 4.1 と同様に次式で得られる：

$$(3) \quad U_{\text{ex}} = v_{\text{ex}} \cdot t_{\text{ex}} + 1 \quad [\text{但し } U_{\text{ex}} \text{ (画素)}, v_{\text{ex}} \text{ (画素/s)}, t_{\text{ex}} \text{ (s)}]$$

20 4.1 では  $t_{\text{ex}} = t_{\text{ex}}$  とされ、従って画像寸法と画素解像能とが与えられているときは移動ぶれと最大積分時間とは  $v_{\text{ex}}$  にのみ依存しているが、それと対照的にここでは、比  $t_{\text{ex}}/t_{\text{ex}}$  を変えることによって像の画質を移動ぶれ又は積分時間に関して強制的に最適化させる可能性がある。

本発明による方法の有利な適用を 1 つの例により以下に詳しく説明する（図 3 参照）。

本発明による検査装置の通路 6 の上に複数のローラス 30 タンド 7 が配置されており、これらは一緒にになってその被検中空体、すなわちこの例では管 8、のための長手方向移動路を形成している。検査装置に前置された溶接設備は図示しないが、その上で連続的に長手方向継目が形成される。本提案の検査法では、溶接速度のタイミングで溶接継目をオンラインで検査することが可能となる。被検管 8 内に固定の横架材 9 が突出し、その先端に X 線管 10 が配置されている。管 8 の前進送りは矢印 11 で示されている。図示簡略化のために X 線管 10 の給電線のうち高圧ケーブル 12 のみが図示されており、これはここには示唆するのみの発電機 13 に接続されている。フィルムレスラジオグラフィを実施するために中空体 8 の外側に X 線イメージコンバータ 14 が次のように、すなわちここに示唆した X 線 15 が常に、X 線イメージコンバータ 14 内に配置された面センサの上に入射するように、配置されている。X 線イメージコンバータ 14 の固定は、例えば、ここに示唆するのみの横架材 16 の上に行われる。X 線イメージコンバータ 14 はケーブル 17 を介して、以上の記述に従う画像処理システム 18 に接続されている。この設備の

40 用途は、通常コンクリート壁 19 によって行われる

9

ことができる。管3の前進送り速度は測定車輪21によって検出され、これから管8の変位がビデオサイクル毎に求められる。

肉厚中空体の溶接継目試験にX線イメージコンバータを使用する場合、十分にノイズのない画像を達成するために一般に約0.5～5秒の有効露出時間が必要である。

これは、一方で、イメージコンバータに達するX線量子の総数が十分に高いときにのみ無ノイズ画像が得られるようX線照射の量が決められており、他方で、連続的に放射するX線管の強さが技術的、物理的理由から限定されている（陽極損負荷）ことからもたらされる。溶接速度は例えば20mm/sであり、イメージコンバータによって検出される画像部分は160mm×120mmの大きさを有する（通常のCCIRビデオ横縦比4:3、長辺が溶接継目方向）。1フレームの読み取り時間 $t_f$ はCCIR規格に応じて40msであり、画像メモリ内の画像寸法は512×512画素である。このことから、送り方向11で0.3125mm/画素の解像能、若しくは64画素/sの速度、が得られる。所要の露出時間は1sと仮定される。

従って、従来技術に従い画像を積分するとき20mm若しくは64画素のぼけが生じ、溶接過程を検査するのにこの方法を適用することは意味がないであろう。

前記4.1に述べた本発明による方法では、前記(2)により約3.5画素若しくは1.1mmのぼけが生じ、このぼけは溶接過程中的比較的大きな不具合の発見を既に可能とする。

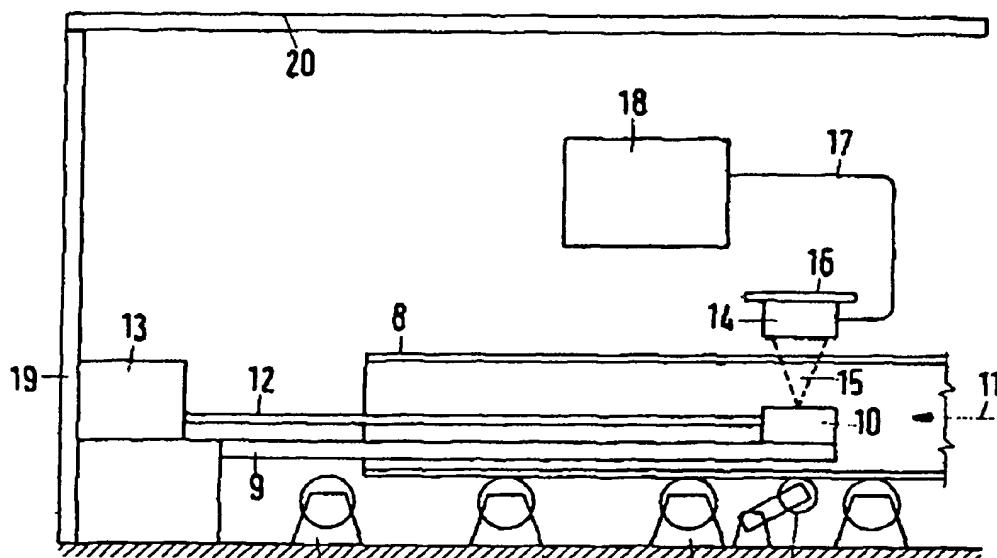
なお本質的に良好な結果は、前記4.2に述べた方法を用いた場合に達成することができる。速度20mm/s、画像窓の長さ160mmのとき対象物の各点は8秒間、若しくは200撮像サイクル $I_{1,1}$ の間、画像窓内に留まり、1秒の総露出時間を達成するために個別の露出 $I_{1,1}$ は40msから50ms

sに低下させることができる。こうして前記(3)のぼけは約1.3画素若しくは0.4125mmで与えられる。こうしてこのぼけはまた、ファクターで殆ど3だけ低下し、実質的に、静止対象物の場合にも予め与えられる画素解像能にまで低減されている。

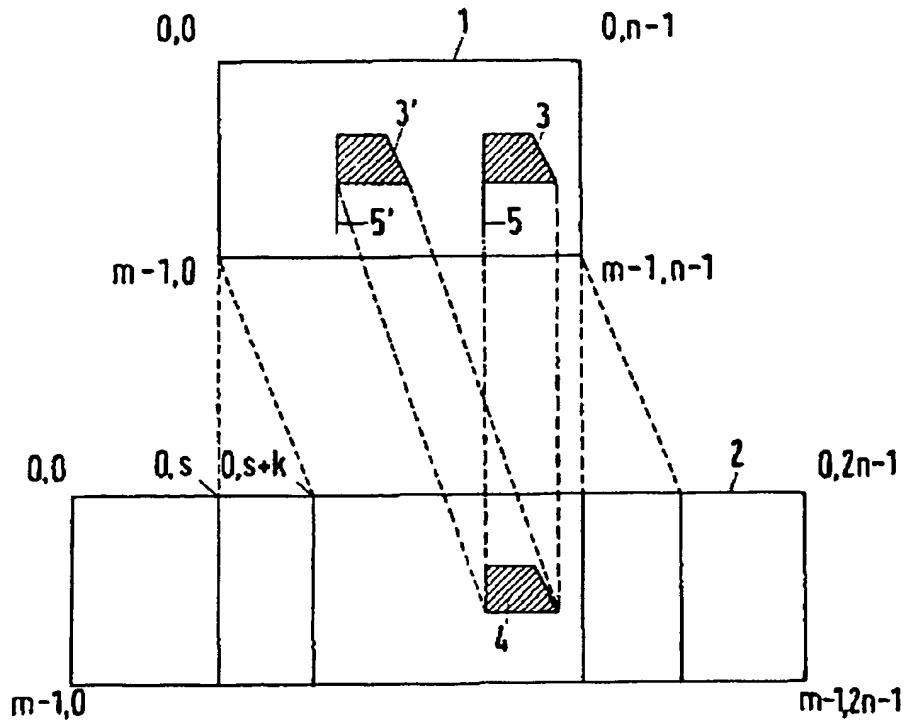
これに対し、 $0.5\text{mm}$  (1.6画素に相当) のぼけがなお受容できるときは、式(3)の解によって、 $t_{\dots}$ の間に最大0.6画素のシフトが与えられ、また従って $t_{\dots}$ は $0.6/64s = 0.009375s$ となる。最高で200倍積分することができるので、積分時間は $1.875s$ に高めることができ、こうして更なるノイズ低減を達成することができる。

多くの画像処理システムは、加算若しくは積分のために用に8ビットの中間調解像能と16ビットの画像メモリ深さとで作動する。こうして、オバーフローなしに少なくとも $2^8 = 256$ の加算が可能であり、最高200倍の積分を有する前記の場合には、オバーフローを防止するための前記方法は適用する必要がない。スキャン毎の移動は、対象物若しくはカメラのための搬送装置からさまざまに導き出すことができる。別個の路程測定系、例えばレーザ  
20 ドブラー・フェレーメータ (Velometer)、によって非依存的に測定することも可能である。しかし原理的には、画像処理システム自体によって移動を決定することも考えられる。このために各カメラ画像をまず中間メモリに読み取り、そしてこの中間メモリからの画像を位置忠実に加算するに先立って、この画像を、本来の加算画像メモリに既に記憶されている画像と比較することによって移動を測定する。移動の測定は、例えば、相関法によって、又は特徴的な画像要素の位置を求ることによって、行うことができる（ラインカメラで速度若しくは変位を測定するためのこのような方法は例えばドイツ特許公報第3502406号により公知である）。

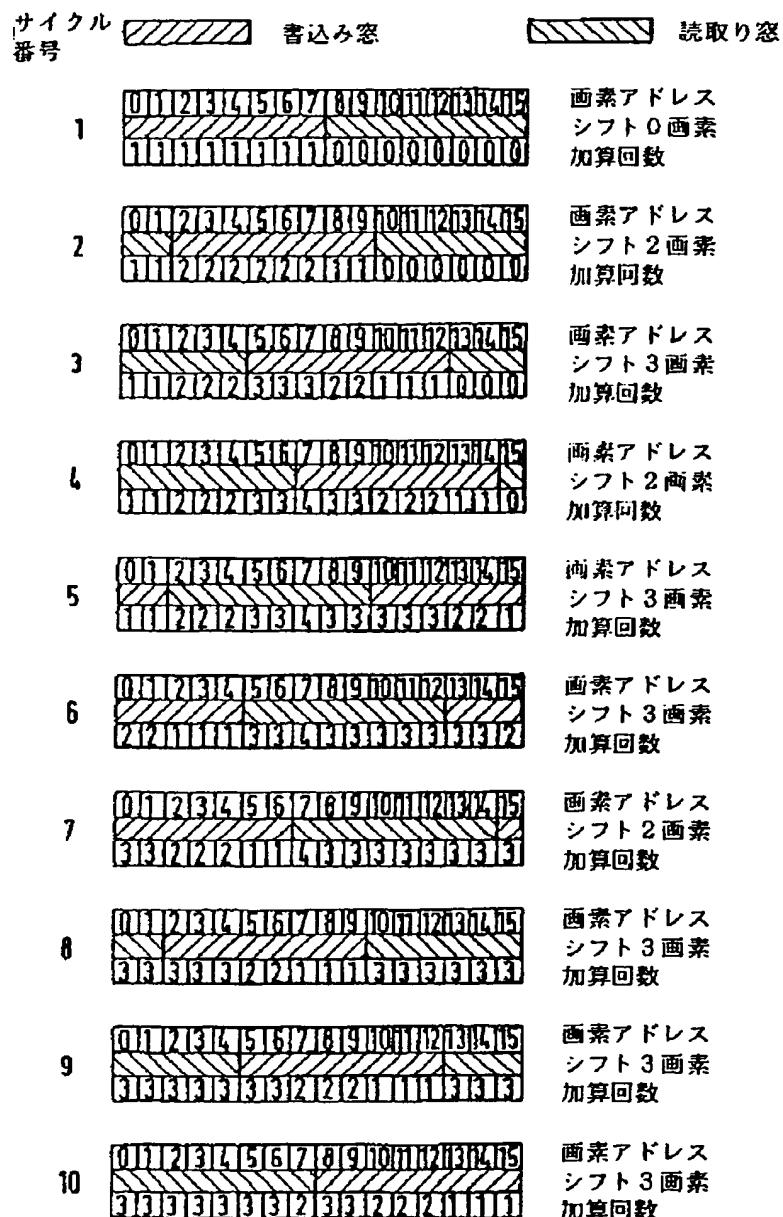
〔第3図〕



【第 1 図】



【第2図】



## フロントページの続き

(58) 調査した分野(Int. Cl.®, DB名)

H04N 5/232

H04N 5/32

GOIN 23/04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**